

世界知的所有権機関
国際事務局



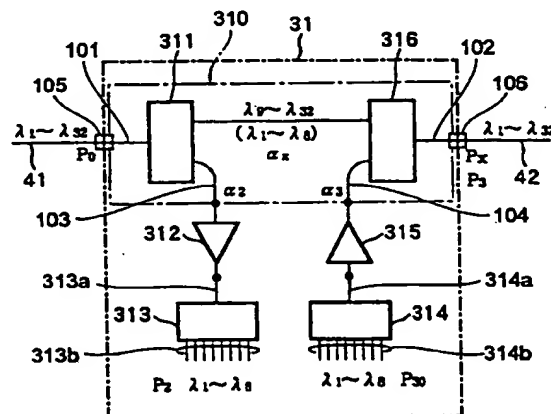
PCT

特許協力条約に基づいて公開された国際出願

| | | |
|---|--|--|
| (51) 国際特許分類6 H04B 10/17, H04J 14/02 | A1 | (11) 国際公開番号 WO99/49601 (43) 国際公開日 1999年9月30日 (30.09.99) |
| (21) 国際出願番号 PCT/JP99/01487 (22) 国際出願日 1999年3月24日 (24.03.99) (30) 優先権データ 特願平10/75704 1998年3月24日 (24.03.98) JP (71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について) 住友電気工業株式会社 (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP] 〒541-0041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号 Osaka, (JP) (72) 発明者 ; および (75) 発明者 / 出願人 (米国についてのみ) 田中 茂 (TANAKA, Shigeru) [JP/JP] 西村正幸 (NISHIMURA, Masayuki) [JP/JP] 重松昌行 (SHIGEMATSU, Masayuki) [JP/JP] 村上泰典 (MURAKAMI, Yasunori) [JP/JP] 〒244-8588 神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電気工業株式会社 横浜製作所内 Kanagawa, (JP) | (74) 代理人 弁理士 長谷川芳樹, 外 (HASEGAWA, Yoshiki et al.) 〒104-0031 東京都中央区京橋二丁目13番10号 京橋ナショナルビル6F 創英国際特許法律事務所 Tokyo, (JP) (81) 指定国 AU, CA, CN, JP, KR, US, 欧州特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE) 添付公開書類 国際調査報告書 | |

(54) Title: WDM TRANSMISSION REPEATER, WDM TRANSMISSION SYSTEM AND WDM TRANSMISSION METHOD

(54) 発明の名称 WDM伝送中継器、WDM伝送システム、及びWDM伝送方法



(57) Abstract

A WDM transmission system suited to relatively short-range optical communications, as between local stations. This system comprises a WDM transmission repeater including a multiplexer that divides a plurality of signal light beams into two groups and extracts a second group. The multiplexer also combines the extracted group with a third group of signal light beams that is different from the first or second group. Particular means is further provided for reducing effects of unbranched leakage components in the second group upon optical communications.

(57)要約

この発明は、比較的中継間隔が短い市内局間の光通信に好適なWDM伝送システム等に関するものである。特に、該WDM伝送システムに適用されるWDM伝送中継器は、伝送路中を伝搬する複数の信号光を第1群及び第2群に分波して該第2群を取り出す一方、分波された第1群と該第1群とは異なる信号光の第3群とが合波された新たなWDM信号群を伝送路中へ送出する合波器を備えるとともに、該第2群の分波されなかった漏話成分による当該光通信への影響を低減するための特殊な構造を備えている。

PCTに基づいて公開される国際出願のパンフレット第一頁に掲載されたPCT加盟国を同定するために使用されるコード(参考情報)

| | | | | | | | |
|----|--------------|----|---------|----|----------------|----|------------|
| AE | アラブ首長国連邦 | DM | ドミニカ | KZ | カザフスタン | RU | ロシア |
| AL | アルバニア | EE | エストニア | LC | セントルシア | SD | スーダン |
| AM | アルメニア | ES | スペイン | LI | リヒテンシュタイン | SE | スウェーデン |
| AT | オーストリア | FI | フィンランド | LK | スリ・ランカ | SG | シンガポール |
| AU | オーストラリア | FR | フランス | LR | リベリア | SI | スロヴェニア |
| AZ | アゼルバイジャン | GA | ガボン | LS | レソト | SK | スロヴァキア |
| BA | ボスニア・ヘルツェゴビナ | GB | 英国 | LT | リトアニア | SL | シエラ・レオネ |
| BB | バルバドス | GD | グレナダ | LU | ルクセンブルグ | SN | セネガル |
| BE | ベルギー | GE | グルジア | LV | ラトヴィア | SZ | スワジランド |
| BF | ブルキナ・ファソ | GH | ガーナ | MA | モロッコ | TD | チャード |
| BG | ブルガリア | GM | ガンビア | MC | モナコ | TG | トーゴ |
| BJ | ベナン | GN | ギニア | MD | モルドヴァ | TJ | タジキスタン |
| BR | ブラジル | GW | ギニア・ビサウ | MG | マダガスカル | TZ | タンザニア |
| BY | ベラルーシ | GR | ギリシャ | MK | マケドニア旧ユーゴスラヴィア | TM | トルクメニスタン |
| CA | カナダ | HR | クロアチア | | 共和国 | TR | トルコ |
| CF | 中央アフリカ | HU | ハンガリー | ML | マリ | TT | トリニダード・トバゴ |
| CG | コンゴ | ID | インドネシア | MN | モンゴル | UA | ウクライナ |
| CH | スイス | IE | アイルランド | MR | モーリタニア | UG | ウガンダ |
| CI | コートジボアール | IL | イスラエル | MW | マラウイ | US | 米国 |
| CM | カメルーン | IN | インド | MX | メキシコ | UZ | ウズベキスタン |
| CN | 中国 | IS | アイスランド | NE | ニジェール | VN | ヴェトナム |
| CR | コスタ・リカ | IT | イタリア | NL | オランダ | YU | ユーゴスラビア |
| CU | キューバ | JP | 日本 | NO | ノルウェー | ZA | 南アフリカ共和国 |
| CY | キプロス | KE | ケニア | NZ | ニュージーランド | ZW | ジンバブエ |
| CZ | チェコ | KG | キルギスタン | PL | ポーランド | | |
| DE | ドイツ | KP | 北朝鮮 | PT | ポルトガル | | |
| DK | デンマーク | KR | 韓国 | RO | ルーマニア | | |

明細書

WDM伝送中継器、WDM伝送システム、及びWDM伝送方法

技術分野

- 5 この発明は、互いに波長の異なる複数の信号光を伝送するWDM (Wavelength Division Multiplexing) 伝送システム、このWDM伝送システムの光伝送路中に設けられるWDM伝送中継器、及び、このようなWDM伝送システムにおけるWDM伝送方法に関するものである。

10 背景技術

- WDM伝送システムは、伝送路として光ファイバ線路に互いに波長の異なる複数の信号光を含むWDM信号群を伝送することにより高速・大容量の光通信を可能にする。既設のシングルモード光ファイバ線路網を用いた場合であっても、例えば2.5 Gb/sで32チャネル（32波の信号光を利用）の大容量の光通信
15 が可能になる。このため、WDM伝送システムは、近年のインターネット等における通信需要の急増に対応すべくその導入が進められている。

- このようなWDM伝送システムでは、送信基地局内の送信器から受信基地局内の受信器までの伝送路の途中に、WDM伝送中継器を有する中継基地局が設けられる場合がある。WDM伝送中継器は、光増幅器や光ADM (Add-Drop Multiplexer) 等を備えている。光増幅器は、伝送路を伝搬するWDM信号群を一括して光増幅するよう機能し、また、光ADMは、該WDM信号群を互いに異なる第1群の信号光と第2群の信号光とに分波して第2群の信号光を受信する一方、別の第3群の信号光を第1群の信号光と合波して、新たなWDM信号群を再度伝送路中へ送出するよう機能する。

25

発明の開示

以上のような構成を備えた従来のWDM伝送システムを検討した結果、発明者らは以下のような課題を発見した。

すなわち、従来のWDM伝送システムやWDM伝送中継器は、長距離幹線に適用可能になるよう設計されており、このようなWDM伝送システムでは、隣接する中継器の間隔が例えば60km～80km程度と長い。したがって、WDM伝送中継器内の光増幅器は、このような長距離の中継器間を伝搬する全信号光の伝送損失を一括して補填すべく、広帯域かつ高利得であって、小さな利得偏差（各波長の信号光間における利得のバラツキ）を有する等の性能が要求される。しかし、このような高性能の光増幅器は、高価であるだけでなく、信頼性の確保も難しい。

一方、市内局間伝送は、隣接する中継器の間隔が数km～十数km程度と比較的短く、各中継器における信号光の受信レベルが大きいことから、高い利得を有する光増幅器を利用する必要はないか、あるいは光増幅器が不要であるケースも多い。また、一般に、中継器ごとに信号光の受信及び送信を行うことから、互いに波長の異なる信号光全てを均一な利得で光増幅することも不要であるケースが多い。したがって、高性能で高価な光増幅器を備える従来の長距離幹線用のWDM伝送中継器は、市内局間のWDM伝送システムに適用するにはコスト面や設備面を考慮すると不向きであり、市内局間のWDM伝送システムに適用しても、長距離幹線のWDM伝送システムにおける場合ほどには経済的とはいえない。

この発明は、上述のような課題を解決するためになされたものであり、市内局間の光通信手段として好適なWDM伝送システム、このWDM伝送システムに好適なWDM伝送中継器、及び、このようなWDM伝送システムにおけるWDM伝送方法を提供することを目的としている。

この発明に係るWDM伝送システムは、複数のWDM伝送中継器を備えており、これら各WDM伝送中継器の間隔は20km以下と比較的短い市内局間伝送に好適な光通信を可能にする。

このようなWDM伝送システムによれば、複数の信号光全てを増幅することができる広帯域の光増幅器を用いる必要がなく、かつ分波された少数の信号光について光増幅が可能な狭帯域の光増幅器が十分適用できる。なお、各信号光の中心波長間の間隔は数nm以下であり、具体的には、1.6nm、0.8nm、0.6nm等の伝送形態がある。これに伴い、適用されるWDM伝送中継器すなわち光増幅器の個数は多くなるが、これら光増幅器には安価な製品が利用できるため、また、場合によっては光増幅器が不要となるため、システム全体を低コストで実現できる。また、中継器の間隔が20km以下と比較的短いため、適用される光増幅器は高出力を要求されず、したがって十分な信頼性が確保される。加えて、

5 伝送路中を伝搬するWDM信号群のうち分波された少数の信号光だけが各WDM伝送中継器で光増幅されるので、いずれかのWDM伝送中継器において光増幅器の故障が発生しても全チャネル（全信号光）について同時に通信不能になる危険が小さい。

10

次に、この発明に係るWDM伝送中継器は、上述のWDM伝送システムに好適な構造を備え、使用波長帯域内の波長であって互いに異なる波長の複数の信号光を含むWDM信号群が伝搬する伝送路中に設置される。当該WDM伝送中継器は、伝送路からWDM信号群を取り込むための入射端と、該入射端を介して取り込まれたWDM信号群から分けられかつそれぞれが1又はそれ以上の信号光の第1群及び第2群の信号光のうちから、該第2群の信号光を取り出すための第1ポートと、使用波長帯域内の1又はそれ以上の信号光であって、それぞれが該第1群の信号光とは異なる波長の第3群の信号光を取り込むための第2ポートと、該第1群の信号光と該第2ポートを介して取り込まれた第3群の信号光とを含む新たなWDM信号群を伝送路へ送出するための出力端とを有する光ADMを備えている。

15

20

また、この発明に係るWDM伝送中継器は、上記光ADMとともに、該光ADMの第1ポートから取り出された第2群の信号光を増幅するための第1光増幅器と、上記光ADMの第2ポートから取り込まれるべき第3群の信号光を増幅する

25

ための第2光増幅器の少なくともいずれかを備えるよう構成され得る。

以上のような構成において、取り出される第2群の信号光は上記第1光増幅器によって増幅されることにより、次段のWDM伝送中継器において十分な受信感度レベルが保障される。一方、新たに導入される第3群の信号光が上記第2光増幅器によって増幅されることにより、当該WDM伝送中継器から送出されるWDM信号群（主に第1群及び第3群の信号光を含む）の光強度に対し、分波されなかった第2群の各信号光の漏話成分の光強度を相対的に低下させることができる。すなわち、次段のWDM伝送中継器において係る第2群の信号光が有意な光信号として受信されない程度の許容漏話レベル以下の信号光であると判断し易くなる。

さらに、この発明に係るWDM伝送中継器は、上記光ADMの第1ポートと光学的に接続されるとともに該第1ポートからの第2群の信号光を取り込むための入力ポートと、該入力ポートを介して取り込まれた第2群の信号光の各波長ごとに用意され、それぞれに対応する信号光を取り出すための1又はそれ以上の出力ポートとを有する分波器（波長分離素子に含まれる）と、伝送路へ新たに導入されるべき第3群の信号光ごとに用意され、それぞれに対応する信号光を取り込むための1又はそれ以上の入力ポートと、上記光ADMの第2ポートと光学的に接続されるとともに該第3群の信号光を該第2ポートへ送出するための出力ポートとを有する合波器（波長合波素子に含まれる）とを備えるよう構成され得る。なお、このような構成において、上記光ADMの第1ポート及び第2ポートは、それぞれ分波器の入力ポート及び合波器の出力ポートに直接接続されてもよく、また、上記第1光増幅器及び第2光増幅器を介してそれぞれ接続されてもよい。

以上のような構成において、上記分波器及び合波器は、接続される加入者の増減に効果的に対応すべく、該分波器の出力ポートのうち選択された出力ポートと、該合波器の入力ポートのうち選択された入力ポートとを光学的に接続するためのブランチ線路の各端部を着脱自在にする構造をそれぞれ備えるのが好ましい。この場合、分波器の出力ポートのうち選択された出力ポートは、該分波器の選択さ

れた出力ポートと合波器の入力ポートのうち選択された入力ポートとを光学的に接続するためのブランチ線路の第1端との着脱を可能にする第1ジョイント構造を有する。また、合波器の選択された入力ポートは、該ブランチ線路の第1端と対向する第2端との着脱を可能にする第2ジョイント構造を有する。

- 5 この構成によれば、それぞれ選択された分波器の出力ポートの1つと合波器の入力ポートの1つとがバイパス線路を介して光学的に接続された場合、該分波器の出力ポートから取り出された信号光（第2群に含まれる）の一部は、バイパス線路を経由して該合波器の入力ポートから合波器に取り込まれ、第3群の信号光の一部となる。一方、このバイパス線路が分波器及び合波器の間から取り外された場合、このWDM伝送中継器で受信できる信号光の波数及び送出できる信号光
10 それぞれが増加する。したがって、各中継基地局ごとに、加入者の増減に応じた波数制御をこのバイパス線路の着脱により容易に実行することができる。

- さらに、この発明に係るWDM伝送中継器では、取り出されるべき信号光（第2群）の漏話成分の伝搬をある程度許容し得る構成が可能である（分波性能の低い比較的低価格の光ADMの使用が可能）。すなわち、当該WDM伝送中継器は、
15 同じ機能を有する2つ以上の光ADMをそれぞれブリッジ線路で光学的に接続した構造を備える。この構成において、伝送路からWDM信号群を取り込む初段の光ADMでは、上記第3群の信号光を導入するためのポートは使用しない。また、新たなWDM信号群を伝送路中に送出する次段以降の光ADMでは、取り込まれたWDM信号群から上記第2群の信号光を取り出すためのポートは使用しない
20 （この場合、次段以降の光ADMは該第2群の信号光を遮断する光フィルタとして機能する）。このようにブリッジ線路を介して光学的に接続された複数の光ADMを利用して光ADM本来の機能を実現することにより、取り出されるべき第2群の信号光の漏話成分を、次段のWDM伝送中継器における受信感度レベル以下（すなわち、許容漏話レベル以下）に低減することができる。
25

なお、上述のように複数の光ADMを備えたWDM伝送中継器においても、上

記分波器及び合波器を備えるとともに、該分波器の選択された出力ポートの1つと合波器の選択された入力ポートとを光学的に接続するためのバイパス線路の着脱を自在にする構造をこれら分波器及び合波器に設けることが可能である。また、当該WDM伝送中継器は、該分波器と第2群の信号光が取り出されるポートとの間に該取り出される第2群の信号光を増幅する第1光増幅器を設置する一方、該合波器と第3群の信号光が取り込まれるポートとの間に該第3群の信号光を増幅する第2光増幅器を設置する構成であってもよい。

次に、この発明に係るWDM伝送方法は、上述の種々の構造により実現可能なWDM伝送システムに好適な構造を備え、該WDM伝送システムにおける複数のWDM伝送中継器のうち選択されたWDM伝送中継器において、第2群の信号光のおおの信号レベルが、入射端において当該WDM伝送中継器の受信感度レベルを越えるという第1条件と、当該WDM伝送中継器の下流に隣接する次段のWDM伝送中継器の入射端において該次段のWDM伝送中継器の受信感度レベルを下回るという第2条件を共に満たすよう個別に調節されることを特徴としている。

なお、上述ような構成において、第2群の信号光の信号レベル調整は、該第2群の信号光を増幅する上流に位置するWDM伝送中継器（送信局を含む）で行うのが好ましい。すなわち、上流に位置するWDM伝送中継器は、第2群の信号光のおおの信号レベルが上記第1条件及び第2条件を共に満たすよう、該第2群の信号光のおおのを個別に増幅する。

このWDM伝送方法によれば、第2群の信号光それぞれの信号レベルは、その第2群の信号光を送出するWDM伝送中継器（送信局、上流に位置するWDM伝送中継器のいずれでもよい）において適切に調整される。したがって、伝搬するWDM信号群のうち、そのWDM伝送中継器において取り出されるべき第2群の信号光それぞれは、信号レベルが当該WDM伝送中継器の受信感度レベル以上であるので確実に受信される。また、取り出されるべき第2群の信号光のうち次段のWDM伝送中継器（受信局、下流に位置するWDM伝送中継器のいずれでもよ

い) に向かう漏話成分は、該次段のWDM伝送中継において許容漏話レベル以下であるので、第1群及び第3群の信号光のうち取り出されるべき信号光は、この次段のWDM伝送中継器において確実に受信される。

5 さらに、この発明に係るWDM伝送方法は、上記WDM伝送システムにおける複数のWDM伝送中継器から選択されたWDM伝送中継器において、導入される上記第3群の信号光おのおのの中心波長が、WDM信号群に含まれる複数の信号光のうち互いに隣接する2つの信号光の中心波長間に存在し、該2つの波長それぞれに対して所定のクロストーク抑圧比以上となるよう設定されることを特徴としている。

10 具体的にこの発明に係るWDM伝送方法では、第3群の信号光おのおのの中心波長における第1群の信号光おのおのの強度は、該第1群の信号光おのおののピーク強度に対して25 dB以上低くなるよう設置されるのが好ましい。また、第3群の信号光おのおのの中心波長は、第2群の信号光のうち互いに隣接する2つの信号光の中心波長間に存在するよう設置されるのが好ましく、この第3群の信号光おのおのの中心波長における第2群の信号光おのおのの強度は、該第2群の信号光おのおののピーク強度に対して10 dB以上低くなるよう設置されるのが好ましい。これら何れの場合にも、第2群の各信号光の漏話成分によるシステムへの影響は回避される。

20 なお、上記第3群の信号光それぞれの中心波長は、第2群の信号光それぞれの中心波長と同一、第2群の信号光それぞれの中心波長と全く異なる、また、取り込まれた各信号光（伝送路中を伝搬したWDM信号群に含まれる）それぞれの中心波長の間にあってもよい。また、第1群、第2群及び第3群おのおのは、いずれも1又はそれ以上の信号光を含む。

25 図面の簡単な説明

図1は、この発明に係るWDM伝送システムの全体構成を示す概略構成図であ

る。

図 2 は、この発明に係る WDM 伝送中継器の第 1 実施例の概略構成を示す図である。

図 3 は、光 ADM の具体例として、光ファイバカプラとファイバグレーティングとで構成されたマッハツェンダー干渉計の概略構成を示す図である。

図 4 は、この発明に係る WDM 伝送中継器の第 2 実施例の概略構成を示す図である。

図 5 A ~ 図 5 C は、図 4 に示された WDM 伝送中継器から送出される第 3 群の信号光を説明するための図である。

図 6 は、この発明に係る WDM 伝送中継器の第 3 実施例の概略構成を示す図である。

図 7 は、この発明に係る WDM 伝送中継器の第 4 実施例の概略構成を示す図である。

15 発明を実施するための最良の形態

以下、この発明に係る WDM 伝送システム、WDM 伝送中継器、及び WDM 伝送方法を図 1 ~ 図 7 を用いて説明する。なお、図中、同一の構成、同一の要素には同一の符号を付して重複する説明を省略する。また、以下では、WDM 伝送システムにより伝送される WDM 信号群は 32 波（32 チャンネル）の信号光を含むものとして説明するが、他の波数でも同様である。

まず、この発明に係る WDM 伝送システムについて説明する。図 1 は、係る WDM 伝送システムの概略構成を示す図である。

この発明に係る WDM 伝送システムは、図 1 に示されたように、送信基地局に設けられた送信器 10 と、受信基地局に設けられた受信器 20 と、送信器 10 と受信器 20 との間に設けられた複数の WDM 伝送中継器 31 ~ 34 と、これらの間を結んで複数の信号光（この実施例では、32 波 $\lambda_1 \sim \lambda_{32}$ ）の WDM 信号

群が伝搬する光ファイバ線路 4 1 ~ 4 5 とを備えている。

送信器 1 0 は、3 2 波の WDM 信号群 ($\lambda_1 \sim \lambda_{32}$) それぞれを所定の信号レベルの状態では、光ファイバ線路 4 1 へ送出する。WDM 伝送中継器 3 1 は、送信器 1 0 から光ファイバ線路 4 1 を経由して到達した 3 2 波を含む WDM 信号群
5 ($\lambda_1 \sim \lambda_{32}$) を取り込み、これから第 1 群の信号光 ($\lambda_9 \sim \lambda_{32}$) と第 2 群の信号光 ($\lambda_1 \sim \lambda_8$) とに分波する。そして、分波された第 2 群の信号光が WDM 伝送中継器 3 1 に受信される。一方、この WDM 伝送中継器 3 1 は、第 1 群の信号光と該第 1 群の信号光と共通する波長を含まない第 3 群の信号光を合波し、新たな WDM 信号群を光ファイバ線路 4 2 へ送出する。なお、この実施例では第 3 群の信号光は、それぞれ第 2 群の信号光と同一とする。
10

次段の WDM 伝送中継器 3 2 は、上流に位置する前段の WDM 伝送中継器 3 1 から光ファイバ線路 4 2 を経由して到達した 3 2 波を含む WDM 信号群 ($\lambda_1 \sim \lambda_{32}$) を取り込み、これから第 1 群の信号光 ($\lambda_1 \sim \lambda_8$, $\lambda_{17} \sim \lambda_{32}$) と第 2 群の信号光 ($\lambda_9 \sim \lambda_{16}$) とに分波する。そして、分波された第 2 群の信号光がこの WDM 伝送中継器 3 2 に受信される。一方、この WDM 伝送中継器 3 2
15 は、第 1 群の信号光と該第 1 群の信号光と共通する波長を含まない第 3 群の信号光とを合波し、新たな WDM 信号群を光ファイバ線路 4 2 へ送出する。なお、この実施例では第 3 群の信号光は、第 2 群の信号光と同一とする。

さらに、WDM 伝送中継器 3 3 は、上流に位置する前段の WDM 伝送中継器 3
20 2 から光ファイバ線路 4 3 を経由して到達した 3 2 波を含む WDM 信号群 ($\lambda_1 \sim \lambda_{32}$) を入力し、これから第 1 群の信号光 ($\lambda_1 \sim \lambda_{16}$, $\lambda_{25} \sim \lambda_{32}$) と第 2 群の信号光 ($\lambda_{17} \sim \lambda_{24}$) とに分波する。そして、分波された第 2 群の信号光がこの WDM 伝送中継器 3 3 に受信される。一方、この WDM 伝送中継器 3 3 は、第 1 群の信号光と該第 1 群の信号光と共通する波長を含まない第 3 群の信号光とを合波し、新たな WDM 信号群を光ファイバ線路 4 2 へ送出する。なお、この
25 実施例では第 3 群の信号光は、おれぞれ第 2 群の信号光と同一とする。

WDM伝送中継器34は、上流に位置する前段のWDM伝送中継器33から光ファイバ線路44を経由して到達した32波を含むWDM信号群($\lambda_1 \sim \lambda_{32}$)を入力し、これから第1群の信号光($\lambda_1 \sim \lambda_{24}$)と第2群の信号光($\lambda_{25} \sim \lambda_{32}$)とに分波する。そして、分波された第2群の信号光がこのWDM伝送中継器に受信される。一方、このWDM伝送中継器34は、第1群の信号光と該第1群の信号光と共通する波長を含まない第3群の信号光とを合波し、新たなWDM信号群を光ファイバ線路42へ送出する。なお、この実施例において第3群の信号光は、それぞれ第2群の信号光と同一とする。そして、受信器20は、このWDM伝送中継器34から光ファイバ線路45を経由して到達した32波を含むWDM信号群($\lambda_1 \sim \lambda_{32}$)を入力して各信号光を受信する。

したがって、この実施例に係るWDM伝送システムでは、送信器10から送出されたWDM信号群($\lambda_1 \sim \lambda_{32}$ の32波)のうち8波の信号光($\lambda_1 \sim \lambda_8$)が、第1段目のWDM伝送中継器31により受信される。続いて、第2段目のWDM伝送中継器32では、到達したWDM信号群のうち8波の信号光($\lambda_9 \sim \lambda_{16}$)が受信される。第3段目のWDM伝送中継器33では、到達したWDM信号群のうち8波の信号光($\lambda_{17} \sim \lambda_{24}$)が受信される。そして、第4段目のWDM伝送中継器33では、到達したWDM信号群のうち8波の信号光($\lambda_{25} \sim \lambda_{32}$)が受信される。最終的に受信器20では、WDM伝送中継器31から送出された8波の信号光($\lambda_1 \sim \lambda_8$)、WDM伝送中継器32から送出された8波の信号光($\lambda_9 \sim \lambda_{16}$)、WDM伝送中継器33から送出された8波の信号光($\lambda_{17} \sim \lambda_{24}$)、及びWDM伝送中継器34から送出された8波の信号光($\lambda_{25} \sim \lambda_{32}$)が、それぞれ受信される。

なお、WDM伝送中継器31～34それぞれにおいて、該各WDM伝送中継器31～34を通過する信号光と合波される第3群の信号光は、分波された第2群の信号光と必ずしも同一でなくてもよい。ただし、この実施例に係るWDM伝送システムにより伝送されるWDM信号群の各信号光は、光増幅器が設けられる場

合には該光増幅器の増幅帯域に含まれ、また、光ファイバ線路41～45における伝送損失が小さい波長帯域に含まれることが必要である。

この実施例に係るWDM伝送システムでは、各WDM伝送中継器31～34の間隔、すなわち光ファイバ線路41～45それぞれの長さL1～L5が20 km以下と比較的短く設計されている。したがって、光ファイバ線路41～45それぞれではWDM信号群の伝送損失は小さいので、以下に述べるように、この発明に係るWDM伝送中継器は、従来のWDM伝送中継器と比較して構成が簡易でありかつ安価に製造することができる。

(WDM伝送中継器の第1実施例)

図2は、この発明に係るWDM伝送中継器の第1実施例の概略構成を示す図である。なお、以下の説明では、図1に示されたWDM伝送システムにおける第1段目のWDM伝送中継器31（図1中、Aで示された部分）について説明するが、他のWDM伝送中継器の構成も同様である。

第1実施例に係るWDM伝送中継器31は、図2に示されたように、分波器311、光増幅器312、分波器313（波長分離素子に含まれる）、合波器314（波長合波素子に含まれる）、光増幅器315、合波器316、及び、これらの間を結ぶ光線路を備えて構成される。

分波器311は、コネクタ105を介して光ファイバ線路41と光学的に接続された入射端101から入射された32波のWDM信号群（ $\lambda_1 \sim \lambda_{32}$ ）を、互いに異なる第1群の信号光（ $\lambda_9 \sim \lambda_{32}$ ）と第2群の信号光（ $\lambda_1 \sim \lambda_8$ ）とに分波する。なお、取り出されるべき第2群の信号光は出力ポート103を介して光増幅器312へ導かれる。光増幅器312は、分波器311から分波された第2群の信号光を一括して光増幅する。さらに、分波器313は、光増幅器312で増幅された第2群の信号光を入力ポート313aを介して取り込む一方、その第2群の信号光それぞれを互いに分波して各出力ポート313bへ導く。なお、各出力ポート313bには、例えば、フォトダイオード等の光検出素子（図

示せず)が接続されており、各出力ポート313bから出射された第2群の信号光それぞれは対応する各光検出素子により検出される。

合波器314は、第3群の信号光($\lambda_1 \sim \lambda_8$)それぞれを対応する各入力ポート314bから取り込み、これら信号光を合波して出力ポート314aを介して光増幅器315へ出射する。光増幅器315は、合波器314から出射された第3群の信号光を一括して光増幅する。合波器316は、第1群の信号光を取り込むとともに光増幅器315で増幅された第3群の信号光を入力ポート104を介して取り込み、合波されたこれら信号光の新たなWDM信号群を光ファイバ線路42へ出射端102を介して出射する。なお、出射端102はコネクタ106を介して光ファイバ線路42と光学的に接続されている。

なお、上記分波器311及び合波器316は、光ADM310(Add-Drop Multiplexer)により構成される。この光ADM310としては、例えばAWG(Arrayed Waveguide Grating)や光サーキュレータなどが適用可能である。しかしながら、これら光学デバイスは高価であるので、この実施例における光ADM310の分波器311及び合波器316には、例えば図3に示されたように光ファイバカブラ1とファイバグレーティング2とで構成された安価なマツハツエンダー干渉計が採用される。しかし、分波器311及び合波器316を上記マツハツエンダー干渉計で構成すると漏話の問題が生じる場合がある(例えば、1995年電子情報通信学会通信ソサイエティ大会SB-9-5を参照)。すなわち、第2群の信号光($\lambda_1 \sim \lambda_8$)の大部分は分波器311により分波されて光増幅器312へ出力されるものの、その一部は分波器311から合波器316へ漏話する場合がある。そこで、この実施例に係るWDM伝送中継器は、この漏話の問題を以下のようにして解決している。

このWDM伝送中継器31の分波器311に到達したWDM信号群の32波の各強度を P_0 (dBm)とし、合波器314の各入力ポート314bに入力する第3群の信号光の各強度を P_{30} (dBm)とする。また、分波器311の入射

端 1 0 1 から合波器 3 1 6 の出射端 1 0 2 へ漏話する第 2 群の信号光に対する各
 伝送損失を α_x (dB) とし、分波器 3 1 1 の入射端 1 0 1 から分波器 3 1 3 の
 各出力ポート 3 1 3 b までの第 2 群の信号光に対する各伝送損失を α_2 (dB)
 とし、合波器 3 1 4 の各入力ポート 3 1 4 b から合波器 3 1 6 の出射端 1 0 2 ま
 5 での第 3 群の信号光に対する各伝送損失を α_3 (dB) とする。

このとき、第 2 群の信号光 ($\lambda_1 \sim \lambda_8$) それぞれについて、分波器 3 1 1
 から合波器 3 1 6 へ漏話する漏話成分の強度 P_x は、以下の式(1)で表される。

$$P_x = P_0 - \alpha_x \quad \dots(1)$$

分波器 3 1 3 の各出力ポート 3 1 3 b から出射される第 2 群の信号光 ($\lambda_1 \sim$
 10 λ_8) の各強度 P_2 は、以下の式(2)で表される。

$$P_2 = P_0 - \alpha_2 \quad \dots(2)$$

また、合波器 3 1 6 から出射される第 3 群の信号光 ($\lambda_1 \sim \lambda_8$) の各強度
 P_3 は、以下の式(3)で表される。

$$P_3 = P_{30} - \alpha_3 \quad \dots(3)$$

15 分波器 3 1 3 の各出力ポート 3 1 3 b に出射される第 2 群の信号光 ($\lambda_1 \sim$
 λ_8) の各強度 P_2 は、分波器 3 1 3 の各出力ポート 3 1 3 b に接続される光
 検出素子の受信感度レベル β (dBm) 以上である必要がある。すなわち、強度
 P_2 と受信感度レベル β との間には、以下の式(4)の関係が満たされる必要があ
 る。

$$20 \quad P_2 \geq \beta \quad \dots(4)$$

さらに、上記 式(2)を考慮すれば、以下の式(5)の関係が満たされる必要もある。

$$P_0 \geq \alpha_2 + \beta \quad \dots(5)$$

また、この実施例では、第 3 群の信号光は第 2 群の信号光と同一であるので、
 分波器 3 1 1 から合波器 3 1 6 へ漏話する第 2 群の波長信号光 ($\lambda_1 \sim \lambda_8$)
 25 の各強度 P_x は、許容漏話レベル以下 (次段の WDM 伝送中継器における受信
 感度レベル以下) である必要がある。また、第 2 群の各信号光の漏話成分は、そ

れぞれ合波器 3 1 6 から出射される第 3 群の信号光 ($\lambda_1 \sim \lambda_8$) の各強度 P_3 と比べてクロストーク抑圧比 γ (dB) よりも小さい強度である必要がある。すなわち、第 2 群の各信号光の漏話成分は、それぞれ以下の式(6)の関係を満たす必要がある。

5
$$P_x \leq P_3 - \gamma \quad \dots(6)$$

さらに、上記式(1)及び式(3)を考慮すれば、以下の式(7)の関係が満たされる必要がある。

$$P_0 \leq P_{30} - \alpha_3 + \alpha_x - \gamma \quad \dots(7)$$

上記クロストーク抑圧比 γ は例えば 25 dB である。

10 したがって、WDM 伝送中継器 3 1 の分波器 3 1 1 に入射される 3 2 波の信号光 (WDM 信号群に含まれる) の各強度 P_0 は、上記式(5)及び式(7)の双方を満たす範囲にある必要がある。そこで、これら条件を満たすために、WDM 伝送中継器 3 1 の分波器 3 1 1 に入射される 3 2 波の信号光の各強度 P_0 、すなわち、
15 光ファイバ線路 4 1 における伝送損失を考慮して送信器 1 0 から送出される 3 2 波の信号光の各強度が調整される。また、光増幅器 3 1 2、3 1 5 それぞれの光増幅利得を調整することにより伝送損失 α_2 、 α_3 の値を調整し、あるいは合波器 3 1 4 の各入力ポート 3 1 4 b から取り込まれる第 3 群の信号光の各強度 P_{30} が調整される構成であってもよい。

20 以上のように、この第 1 実施例に係る WDM 伝送システム、WDM 伝送中継器及び WDM 伝送方法によれば、各信号光の強度を適切に設定することにより漏話の問題を解消できる。また、図 3 に示されたような安価な分波器及び合波器からなる光 ADM を用いることができ、光増幅器の個数は多くなるものの安価な光増幅器を用いることができる。さらに、場合によっては光増幅器が不要となるので、システム全体としても安価となる。光増幅器は、高利得を要求されないので信頼
25 性が高く、3 2 波を含む WDM 信号群の全てを一括して光増幅するのではなく 8 波ごとに一括して光増幅するので、全波が同時に通信不能になる危険が小さい。

したがって、市内局間で好適に用いられる。

(WDM伝送中継器の第2実施例)

図4は、この発明に係るWDM伝送中継器の第2実施例の概略構成を示す図である。この第2実施例に係るWDM伝送中継器では、合波器314の各入力ポート314bに5入力する第3群の信号光($\lambda_{33} \sim \lambda_{40}$)は、分波器313の各出力ポート313bから出射される第2群の信号光($\lambda_1 \sim \lambda_8$)と異なる。この第2実施例では、第3群の信号光($\lambda_{33} \sim \lambda_{40}$)を適切に設定することにより漏話の問題を解消させる構造を備える。なお、信号光の強度が充分である場合には光増幅器312、315を備える必要はない。

10 この第2実施例に係るWDM伝送中継器31において、合波器316からは、分波器311で分波された第1群の信号光($\lambda_9 \sim \lambda_{32}$)、及び合波器314の各入力ポート314bから取り込まれた第3群の信号光($\lambda_{33} \sim \lambda_{40}$)が出射されるとともに、さらに、分波器311から合波器316に伝搬した各信号光($\lambda_1 \sim \lambda_8$)の漏話成分も出射される。そこで、この第2実施例では、第1群の信号光($\lambda_9 \sim \lambda_{32}$)及び第2群の信号光($\lambda_1 \sim \lambda_8$)に対して以下の関係を有するように、第3群の信号光($\lambda_{33} \sim \lambda_{40}$)が設定される。なお、この第2実施例において、適用された光ADM310は、図3に示された構造を備える。

図5A～図5Cは、図4に示された第2実施例に係るWDM伝送中継器から送出されるべき第3群の信号光を説明する図である。図5Aには、第1群g1の信号光($\lambda_9 \sim \lambda_{32}$)や第2群の信号光($\lambda_1 \sim \lambda_8$)それぞれの中心波長の位置が実線で示され、第3群g3の信号光($\lambda_{33} \sim \lambda_{40}$)それぞれの中心波長の位置が波線で示されている。図に示されたように、第3群g3の信号光($\lambda_{33} \sim \lambda_{40}$)は、第1群の信号光($\lambda_9 \sim \lambda_{32}$)及び第2群の信号光($\lambda_1 \sim \lambda_8$)のうち互いに隣接する2波長の間であって漏話の問題が生じないように設定される。例えば、ITU規格のANNEX-Aによれば、100GHz帯において隣接する2波長の間隔(波長差)は0.78nm～0.82nmであり、第3群の

25

信号光 ($\lambda_{33} \sim \lambda_{40}$) の中心波長は、この波長間に漏話の問題が生じないように設定される。

ただし、合波器 3 1 6 の出力端 1 0 2 において、第 1 群 g 1 の信号光 ($\lambda_9 \sim \lambda_{32}$) の各強度は比較的強く、第 2 群の信号光 ($\lambda_1 \sim \lambda_8$) の各強度は比較的弱い。したがって、これを考慮して具体的には、第 3 群 g 3 の信号光 ($\lambda_{33} \sim \lambda_{40}$) それぞれの中心波長は以下のように設定される。

図 5 B には、合波器 3 1 6 の出力端 1 0 2 における第 1 群 g 1 の信号光 ($\lambda_9 \sim \lambda_{32}$) のうちの 1 つの波長スペクトルが実線で示され、第 3 群 g 3 の信号光 ($\lambda_{33} \sim \lambda_{40}$) のうちの 1 つの波長スペクトルが波線で示されている。合波器 3 1 6 の出力端 1 0 2 における第 1 群 g 1 の信号光 ($\lambda_9 \sim \lambda_{32}$) の各強度は比較的強いので、図に示されたように、第 3 群 g 3 の信号光 ($\lambda_{33} \sim \lambda_{40}$) の各中心波長は、第 1 群 g 1 の信号光 ($\lambda_9 \sim \lambda_{32}$) の各強度がその中心波長における強度 (ピーク強度) に対して 25 dB 以上低くなる波長に設定される。

図 5 C には、合波器 3 1 6 の出力端 1 0 2 における第 2 群 g 2 の信号光 ($\lambda_1 \sim \lambda_8$) のうちの 1 つの波長スペクトルが実線で示され、第 3 群 g 3 の信号光 ($\lambda_{33} \sim \lambda_{40}$) のうちの 1 つの波長スペクトルが波線で示されている。合波器 3 1 6 の出力端 1 0 2 における第 2 群 g 2 の信号光 ($\lambda_1 \sim \lambda_8$) の各強度は比較的弱いので、図に示されたように、第 3 群 g 3 の信号光 ($\lambda_{33} \sim \lambda_{40}$) の各中心波長は、第 2 群 g 2 の信号光 ($\lambda_1 \sim \lambda_8$) の各強度がその中心波長における強度 (ピーク強度) に対して 10 dB 以上低くなる波長に設定される。

以上のように、この第 2 実施例に係る WDM 伝送システム、WDM 伝送中継器及び WDM 伝送方法によっても、各信号光の強度を適切に設定することにより漏話の問題を解消できる。また、図 3 に示されたような安価な分波器及び合波器からなる光 ADM を用いることができ、光増幅器の個数は多くなるものの安価な光増幅器を用いることができる。さらに、場合によっては光増幅器が不要となるので、システム全体としても安価となる。光増幅器は、高利得を要求されないので

信頼性が高く、32波を含むWDM信号群の全てを一括して光増幅するのではなく8波ごとに一括して光増幅するので、全波が同時に通信不能になる危険が小さい。したがって、市内局間で好適に用いられる。

(WDM伝送中継器の第3実施例)

- 5 次に、図6は、この発明に係るWDM伝送中継器の第3実施例の概略構成を示す図である。なお、この第3実施例に係るWDM伝送中継器も、図1中、Aで示された位置の中継器として以下説明する。

この図において、第3実施例に係るWDM伝送中継器35は、分波器351、光増幅器352、分波器353（波長分離素子に含まれる）、合波器354（波
10 長合波素子に含まれる）、光増幅器355及び合波器356を備える。分波器351及び合波器354が光ADM350を構成する点では上述の第1実施例と同様であるが、これら分波器351及び合波器354は、それぞれバイパス線路357、358を接続するためのジョイント構造353c、354cを備えている。なお、信号光の強度が充分である場合には、光増幅器352、355を備える必要はない。
15

バイパス線路357は、分波器351から分波器353に導入された第2群の信号光（ $\lambda_1 \sim \lambda_8$ ）のうち信号光 λ_7 を出射する出力ポート353bと合波器354の対応する入力ポート354bとの間にジョイント構造353c、354cを介して着脱自在に設けられたものであり、このバイパス線路357中を信号光 λ_7 が伝搬する。同様に、バイパス線路358は、分波器351から分波器353に導入される第2群の信号光（ $\lambda_1 \sim \lambda_8$ ）のうち信号光 λ_8 を出射する出力ポート353bと合波器354の対応する入力ポート354bとの間に着脱自在に設けられたものであり、このバイパス線路358中を信号光 λ_8 が伝搬する。
20

- 25 したがって、この第3実施例に係るWDM伝送中継器35は、バイパス線路357、358が取り外された状態では、第1実施例に係るWDM伝送中継器31

と同様に作用するが、バイパス線路 3 5 7、3 5 8 が接続された状態では以下の
ように作用する。

すなわち、到達した 3 2 波を含む WDM 信号群 ($\lambda 1 \sim \lambda 32$) は、入射端 2
0 1 を介して光 ADM 3 5 0 内に取り込まれ、分波器 3 5 1 により第 1 群の信号
5 光 ($\lambda 9 \sim \lambda 32$) と第 2 群の信号光 ($\lambda 1 \sim \lambda 8$) とに分波される。なお、入
射端 2 0 1 はコネクタ 2 0 5 を介して光り伝送線路 4 1 と光学的に接続されてい
る。分波器 3 5 1 において分波された第 2 群の信号光は、出力ポート 2 0 3 を介
して光増幅器 3 5 2 に導かれる。光増幅器 3 5 2 はこの第 2 群の信号光を一括し
て光増幅し、この増幅された第 2 群の信号光を入射ポート 3 5 3 a を介して分波
10 器 3 5 3 に出射する。分波器 3 5 3 では、各信号光はそれぞれ分波されて対応す
る各出力ポート 3 5 3 b に出力される。そのうち、信号光 $\lambda 1 \sim \lambda 6$ は受光デ
バイス等で受信される。一方、信号光 $\lambda 7$ 、 $\lambda 8$ はバイパス線路 3 5 7、3 5
8 を経由して合波器 3 5 4 の対応する入力ポート 3 5 4 c を介して合波器 3 5 4
内へ導かれる。合波器 3 5 4 の各入力ポート 3 5 4 b を介して取り込まれた信号
15 光 $\lambda 7$ 、 $\lambda 8$ と、新たに送出されるべき信号光 $\lambda 1 \sim \lambda 6$ は、第 3 群の信号光
として合波器 3 5 4 により合波され出力ポート 3 5 4 a を介して光増幅器 3 5 5
に出射される。そして、この光増幅器 3 5 5 により一括して光増幅された第 3 群
の信号光は、分波器 3 5 1 から出射された第 1 群の信号光とともに、合波器 3 5
6 により合波され、出射端 2 0 2 を介して光ファイバ線路 4 2 へ送出される。
20 なお、出射端 2 0 2 はコネクタ 2 0 6 を介して光ファイバ線路 4 2 と光学的に
接続されている。

以上のように、この第 3 実施例に係る WDM 伝送システム、WDM 伝送中継器
及び WDM 伝送方法によっても、各信号光の強度を適切に設定することにより漏
話の問題を解消できる。また、図 3 に示されたような安価な分波器及び合波器か
25 らなる光 ADM を用いることができ、光増幅器の個数は多くなるものの安価な光
増幅器を用いることができる。さらに、場合によっては光増幅器が不要となるの

で、システム全体としても安価となる。また、各WDM伝送中継器で受信される信号光の波数及び送出される信号光の波数を必要に応じてバイパス線路の着脱により増減することができる。光増幅器は、高利得を要求されないので信頼性が高く、32波を含むWDM信号群の全てを一括して光増幅するのではなく8波ごとに一括して光増幅するので、全波が同時に通信不能になる危険が小さい。したがって、市内局間で好適に用いられる。

(WDM伝送中継器の第4実施例)

図7は、この発明に係るWDM伝送中継器の第4実施例の概略構成を示す図である。なお、この第7実施例に係るWDM伝送中継器も、図1中、Aで示された位置の中継器として以下説明する。

この図において、第7実施例に係るWDM伝送中継器36は、分波器361、光増幅器362、分波器363（波長分離素子に含まれる）、合波器364、光増幅器365、合波器366、分波器371、光増幅器372、分波器373、合波器374（波長合波素子に含まれる）、光増幅器375、合波器376を備えたとともに、バイパス線路367、368の着脱を可能にする構造を備えている。なお、分波器361及び合波器366は第1光ADM360を構成し、分波器371及び合波器376は第2光ADM370を構成する。なお、光ファイバ線路41から信号光の強度が充分である場合には、光増幅器362、365、372、375を備える必要はない。

分波器361は、入射端301を介して取り込まれた32波のWDM信号群($\lambda_1 \sim \lambda_{32}$)を互いに異なる第1群の信号光($\lambda_9 \sim \lambda_{32}$)と第2群の信号光($\lambda_1 \sim \lambda_8$)とに分波する。なお、入射端301はコネクタ305を介して光ファイバ線路41と光学的に接続されている。光増幅器362は、分波器361から出力ポート303を介して導かれた第2群の信号光一括して光増幅する。そして、増幅された第2群の信号光が入力ポート363aを介して分波器363に取り込まれる。分波器363では、分波器361から到達した増幅された第2群

の信号光それぞれ分波し、対応する各出力ポート 3 6 3 b を介して出射する。

なお、この実施例では合波器 3 6 4 の各入力ポートへの入力はないものとし、
図中の部分 B で示された合波器 3 6 4 及び光増幅器 3 6 5 は本来の合波や光増幅
手段としては機能しない。また、合波器 3 6 6 の入力ポート 3 0 4 には、光増幅
器 3 6 5 からの入力はない。

5 分波器 3 7 1 は、入力ポート 4 0 1 を介して到達した第 1 群の信号光 ($\lambda_9 \sim \lambda_{32}$) をそのまま合波器 3 7 6 へ出力する。なお、この実施例では図中の部分
C の光増幅器 3 7 2 (出力ポート 4 0 3 と光学的に接続されている) 及び分波器
3 7 3 は使用していない。しかし、この分波器 3 7 1 も第 1 群の信号光と第 2 群
10 の信号光とを分波する機能を有するため、第 2 群の信号光を遮断するよう機能す
るので、少なくとも第 1 光 ADM 3 6 0 からの第 2 群の各信号光の漏話成分を遮
断することができる。また、入力ポート 4 0 1 はコネクタ 4 0 5 を介してブリッ
ジ線路 5 0 0 の一端と光学的に接続されており、このブリッジ線路 5 0 0 の他端
が合波器 3 6 6 の入力ポート 3 0 2 とコネクタ 3 0 6 を介して光学的に接続され
15 ている。このように、第 4 実施例では第 1 光 ADM 3 6 0 と第 2 光 ADM 3 7 0
とがブリッジ線路 5 0 0 を介して互いに光学的に接続される。

一方、合波器 3 7 4 は、第 3 群の信号光 ($\lambda_1 \sim \lambda_8$) をそれぞれ対応する
入力ポート 3 7 4 b に入力し、これらを合波して出力ポート 3 7 4 a を介して光
増幅器 3 7 5 へ出力する。光増幅器 3 7 5 は、合波器 3 7 4 から出射された第 3
20 群の信号光を一括して光増幅する。合波器 3 7 6 は、入力ポート 4 0 4 を介して
取り込まれた、増幅された第 3 群の信号光と、分波器 3 7 1 を通過した第 1 群の
信号光とを合波し、得られた新たな WDM 信号群を出射端 4 0 2 を介して光ファ
イバ線路 4 2 へ送出する。なお、この出射端 4 0 2 はコネクタ 4 0 6 を介して光
ファイバ線路 4 2 と光学的に接続されている。

25 さらに、この実施例では、分波器 3 6 1 により分波された第 2 群の信号光 ($\lambda_1 \sim \lambda_8$) のうち信号光 λ_7 を出力する分波器 3 6 3 の出力ポート 3 6 3 b と、

合波器 374 の対応する入力ポート 374 b には、バイパス線路 367 (信号光 λ_7 の伝送路) の着脱を可能にするジョイント構造 363 c、374 c がそれぞれ設けられている。同様に、分波器 361 により分波された第 2 群の信号光 ($\lambda_1 \sim \lambda_8$) のうち信号光 λ_8 を出力する分波器 363 の出力ポート 363 b と、

5 合波器 374 の対応する入力ポート 374 b にも、バイパス線路 368 (信号光 λ_8 の伝送路) の着脱を可能にするジョイント構造 363 c、374 c がそれぞれ設けられている。

したがって、この第 4 実施例に係る WDM 伝送中継器 36 は、バイパス線路 367、368 が取り外された状態では以下のように動作する。

10 すなわち、入射端 301 を介して到達した 32 波を含む WDM 信号群 ($\lambda_1 \sim \lambda_{32}$) は、分波器 361 により第 1 群の信号光 ($\lambda_9 \sim \lambda_{32}$) と第 2 群の信号光 ($\lambda_1 \sim \lambda_8$) とに分波される。分波された第 2 群の信号光は、光増幅器 362 により一括して光増幅され、入力ポート 363 a を介して分波器 363 に導かれる。そして、該第 2 群の信号光はそれぞれ対応する各出力ポート 363 b に

15 出力される。この出力された信号光は、該各出力ポート 363 b に個別に接続された光検出素子により受信される。一方、第 1 群の信号光は、合波器 366 及び分波器 371 を通過して合波器 376 に到達する。また、合波器 374 の各入力ポート 374 b からは第 3 群の信号光 ($\lambda_1 \sim \lambda_8$) が取り込まれ、合波された第 3 群の信号光は、出力ポート 374 a を介して光増幅器 375 に導かれる。

20 そして、この第 2 群の信号光は光増幅器 375 により一括して光増幅された後、入力ポート 404 を介して合波器 376 に取り込まれる。合波器 376 では、第 1 群の信号光及び第 3 群の信号光からなる新たな WDM 信号群が出射端 402 を介して光ファイバ線路 42 へ送出される。なお、この取捨端 402 はコネクタ 406 を介して光ファイバ線路 42 と光学的に接続されている。

25 一方、バイパス線路 367、318 が接続された状態では以下のように作用する。すなわち、入射端 301 を介して到達した 32 波を含む WDM 信号群 ($\lambda_1 \sim$

λ32) は、分波器 361 により第 1 群の信号光 (λ9 ~ λ32) と第 2 群の信号光 (λ1 ~ λ8) とに分波される。第 2 群の信号光は、光増幅器 362 により一括して光増幅された後、入力ポート 363a を介して分波器 363 に取り込まれる。分波器 363 では、取り込まれた第 2 群の信号光のうち、信号光 (λ1 ~ λ6) は出力ポート 363b を介して対応する各受光検出素子で受信される一方、信号光 λ7、λ8 はバイパス線路 367、318 を経由して合波器 374 の入力ポート 374b に導かれる。分波器 361 で分派された第 1 群の信号光は、合波器 366 及び分波器 371 を順次通過して合波器 376 に到達する。合波器 374 の各入力ポート 374b から取り込まれた信号光 λ7、λ8 と、新たに入力ポート 374b を介して取り込まれた信号光 (λ1 ~ λ6) は、第 3 群の信号光として合波器 374 により合波される。そして、この第 3 群の信号光は出力ポート 374a を介して光増幅器 375 に導かれ、この光増幅器 375 により一括して光増幅される。合波器 376 では、入力ポート 404 を介して取り込まれた第 3 群の信号光と、第 1 群の信号光とが合波され、新たな WDM 信号群として出射端 402 を介して光ファイバ線路 42 へ送出される。なお、この出射端 402 はコネクタ 406 を介して光ファイバ線路 42 と光学的に接続されている。

この第 4 実施例では、バイパス線路 367、318 が接続されているか否かに拘わらず、漏話して出力される第 2 群の各信号光の漏話成分は、縦続接続された 2 つの光 ADM 360、370 を通過して最終的に出射端 402 から光ファイバ線路 42 へ送出されるため、第 2 群の不要な漏話成分は極めて弱くなり、漏話の問題が解消される。また、合波器 374 に加えて合波器 364 を備えることにより、この WDM 伝送中継器 36 から送出される WDM 信号群の波数を増加することができる。さらに、分波器 363 に加えて分波器 373 を備え、分波器 371 から分波器 373 へ分波される信号光の波長と分波器 361 から分波器 363 へ分波される信号光の波長とを互いに異なるものとするにより、この WDM 伝送中継器 36 で受信される信号光の波数を増加することができる。

以上のように、この第4実施例に係るWDM伝送システム、WDM伝送中継器及びWDM伝送方法によっても、2つの光ADMを縦続接続することにより漏話の問題を解消できる。また、図3に示されたような安価な分波器及び合波器からなる光ADMを用いることができ、場合によっては光増幅器が不要となるので、

5 システム全体としても安価となる。また、各WDM伝送中継器で受信される信号光の波数及び送出される信号光の波数を必要に応じてバイパス線路の着脱により増減することができる。光増幅器は、高利得を要求されないので信頼性が高く、32波を含むWDM信号群の全てを一括して光増幅するのではなく8波ごとに一括して光増幅するので、全波が同時に通信不能になる危険が小さい。したがって、

10 市内局間で好適に用いられる。

産業上の利用可能性

以上のようにこの発明によれば、各中継局において受信される各信号光の漏話成分の伝搬を効果的に抑制等する種々の構成を備えたので、必要な信号光の分波

15 に利用される光ADMとして比較的に安価な光学デバイスを利用でき、比較的中継間隔の短い市内局間の光通信に好適なWDM伝送システムが提供できる。また、中継間隔の短い各中継局に光増幅器を設ける場合には、伝送路中を伝搬する信号光のうち一部の信号光に限定しかつ僅かな利得で光増幅を行うため、全波が同時に通信不能になる危険が小さく、また、安価な光増幅器でも十分な信頼性が得ら

20 れるWDM伝送システムを提供することができる。

請求の範囲

1. 所定の一波長帯域内に存在する波長であって互いに異なる波長の複数の信号光を取り込み、該複数の信号光を第1群の信号光と第2群の信号光とに分波する分波器と、

- 5 前記所定の一波長帯域内に含まれる波長であって該第1群の信号光の波長とは異なる波長の複数の信号光からなる第3群の信号光と該第1群の信号光とを合波する合波器と、

前記分波器からの前記第2群の信号光を各波長の信号光に分離する波長分離素子と、

- 10 前記合波器に入力されるべき前記第3群の信号光を合波する波長合波素子と、
前記波長合波素子と前記合波器との間、及び、前記波長分離素子と前記分波器との間の少なくともいずれかに配置された光増幅器とを備えたWDM伝送中継器。

2. 前記波長分離素子は、前記第2群の信号光を各波長ごとに出力する複数の出力ポートを有し、

- 15 前記波長合波素子は、前記第3群の信号光を各波長ごとに取り込む複数の入力ポートを有し、

当該WDM伝送中継器は、さらに、前記複数の出力ポートの1つと前記複数の入力ポートの1つを連絡するバイパス線路を備えるとともに、該バイパス線路の両端は、前記複数の出力ポートの1つと前記複数の入力ポートの1つに対し着脱自在となる構造を有することを特徴とする請求項1記載のWDM伝送中継器。

20

3. 所定の一波長帯域内に存在する波長であって互いに異なる波長の複数の信号光を取り込み、該複数の信号光を第1群の信号光と第2群の信号光とに分波し、そして、該第2群の信号光の一部を漏話させる分波器と、

前記所定の一波長帯域内に含まれる波長であって該第1群の信号光の波長とは異なる波長の複数の信号光からなる第3群の信号光と該第1群の信号光とを合波する合波器と、

25

前記分波器からの前記第2群の信号光を各波長に分離する波長分離素子と、
前記合波器に入力されるべき前記第3群の信号光を合波する波長合波素子と、
前記第3群の信号光を送出する送信器及び光増幅器のいずれかとを備え、
前記漏話した第2群の信号光の一部に対し、前記第3群の信号光のクロストーク抑圧比が所定値以上であるWDM伝送中継器。

4. 所定の一波長帯域内に存在する波長であって互いに異なる波長の複数の信号光を取り込み、該複数の信号光を第1群の信号光と第2群の信号光とに分波し、そして、該第2群の信号光の一部を漏話させる分波器と、
前記所定の一波長帯域内に含まれる波長であって該第1群の信号光の波長とは異なる波長の複数の信号光からなる第3群の信号光と該第1群の信号光とを合波する一方、前記第2群の信号光の漏話成分の一部をさらに漏話させる合波器と、
前記分波器からの前記第2群の信号光を各波長に分離する波長分離素子と、
前記合波器に入力されるべき前記第3群の信号光を合波する波長合波素子と、
前記第3群の信号光を送出する送信器とを備え、
前記合波器を通過する前記第2群の信号光の漏話成分に対し、前記第3群の信号光のクロストーク抑圧比が所定値以上であるWDM伝送中継器。

5. 20km以下の間隔で複数の中継器が配置され、所定の一波長帯域内存在する波長であって互いに異なる波長の複数の信号光を伝送するWDM中継システムであって、
前記複数の中継器のうち少なくとも一つは、
前記複数の信号光を第1群の信号光と第2群の信号光とに分波する分波器と、
前記所定の一波長帯域内に含まれる波長であって該第1群の信号光の波長とは異なる波長の複数の信号光からなる第3群の信号光と該第1群の信号光とを合波する一方、前記第2群の信号光の一部を漏話させる合波器と、
前記分波器からの前記第2群の信号光を各波長の信号光に分離する波長分離素子と、

前記合波器に入力されるべき前記第 3 群の信号光を合波する波長合波素子と、
前記波長合波素子と前記合波器との間に配置された光増幅器とを備えた WDM
中継伝送システム。

5 6. 20 km 以下の間隔で複数の中継器が配置され、所定の一波長帯
域内に存在する波長であって互いに異なる波長の複数の信号光を伝送する WDM
中継伝送システムであって、

前記複数の中継器それぞれは、

前記複数の信号光を第 1 群の信号光と第 2 群の信号光とに分波する分波器と、
前記所定の一波長帯域内に含まれる波長であって該第 1 群の信号光の波長とは
10 異なる波長の複数の信号光からなる第 3 群の信号光と該第 1 群の信号光とを合波
する一方、前記第 2 群の信号光の一部を漏話させる合波器と、

前記分波器からの前記第 2 群の信号光を各波長の信号光に分離する波長分離素
子と、

前記合波器に入力されるべき前記第 3 群の信号光を合波する波長合波素子と、
15 前記波長合波素子と前記合波器との間、及び、前記波長分離素子と前記分波器
との間の少なくともいずれかに配置された光増幅器とを有する WDM 中継伝送シ
ステム。

7. 中継器において、所定の一波長帯域に含まれる波長であって互い
に異なる波長の複数の信号光を取り込み、その複数の信号光を互いに異なる波長
20 の第 1 群の信号光と第 2 群の信号光とに分波して前記第 2 群の信号光を受信し、
前記第 1 群の信号光と共通する波長の信号光を含まず前記所定の一波長帯域に含
まれる第 3 群の信号光と前記第 1 群の信号光と漏話された前記第 2 群の信号光の
一部とを合波し、

前記第 3 群の信号光それぞれの中心波長は、前記複数の信号光それぞれの中心
25 波長のうちの隣り合う 2 波長の間にあって、該 2 波長それぞれに対して所定のク
ロストーク抑圧比を満たす波長であることを特徴とする WDM 伝送方法。

8. 前記中継器の前段側の中継器で前記第2群の信号光を増幅する場合は、前記第2群の信号光それぞれの強度を増幅後の出力レベルとすることを特徴とする請求項7記載のWDM伝送方法。

- 5 9. 中継器において、所定の一波長帯域に含まれる波長であって互いに異なる波長の複数の信号光を取り込み、その複数の信号光を互いに異なる波長の第1群の信号光と第2群の信号光とに分波して前記第2群の信号光を受信し、前記第1群の信号光と共通する波長の信号光を含まず前記所定の一波長帯域に含まれる第3群の信号光と前記第1群の信号光と漏話された前記第2群の信号光の一部とを合波し、
- 10 前記中継器で受信される前記第2群の信号光それぞれの波長の強度が当該中継器の受信感度レベル以上であって、該第2群の信号光それぞれについて当該中継器からの漏話成分それぞれの強度が当該中継器の下流に位置する中継器の許容漏話レベル以下になるように、当該中継器に到達する前記複数の信号光のうちの該第2群の信号光それぞれの強度が送信元において調整されることを特徴とするWDM伝送方法。
- 15

10. 中継器において、所定の一波長帯域に含まれる波長であって互いに異なる波長の複数の信号光を取り込み、その複数の信号光を互いに異なる波長の第1群の信号光と第2群の信号光とに分波することにより該第2群の信号光を受信し、前記第1群の信号光と共通する波長の信号光を含まず前記所定の一波長帯域に含まれる第3群の信号光と前記第1群の信号光と漏話された前記第2群の信号光の一部とを合波して出力するWDM伝送方法であって、
- 20

前記第3群の信号光それぞれの中心波長は、前記複数の信号光それぞれの中心波長のうちの隣り合う2波長の間にあって、該2波長それぞれに対して所定のクロストーク抑圧比を満たす波長であることを特徴とするWDM伝送方法。

- 25 11. 前記第3群の信号光それぞれの中心波長は、前記第1群の信号光それぞれの強度が中心波長における強度に対して25dB以上低くなる波長で

あることを特徴とする請求項 10 記載の波長多重伝送方法。

12. 前記第 3 群の信号光それぞれの中心波長は、前記第 2 群の信号光それぞれの中心波長のうちの隣り合う 2 波長の間にある波長であることを特徴とする請求項 10 記載の WDM 伝送方法。

5 13. 前記第 3 群の信号光それぞれの中心波長は、前記第 2 群の信号光それぞれの強度が中心波長における強度に対して 10 dB 以上低くなる波長であることを特徴とする請求項 12 記載の WDM 伝送方法。

図1

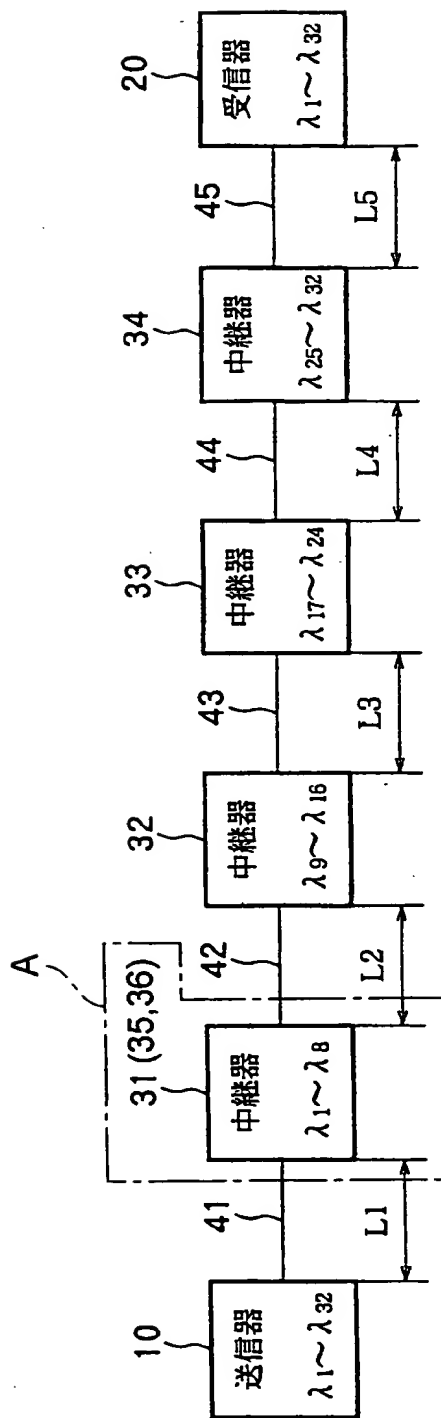


図2

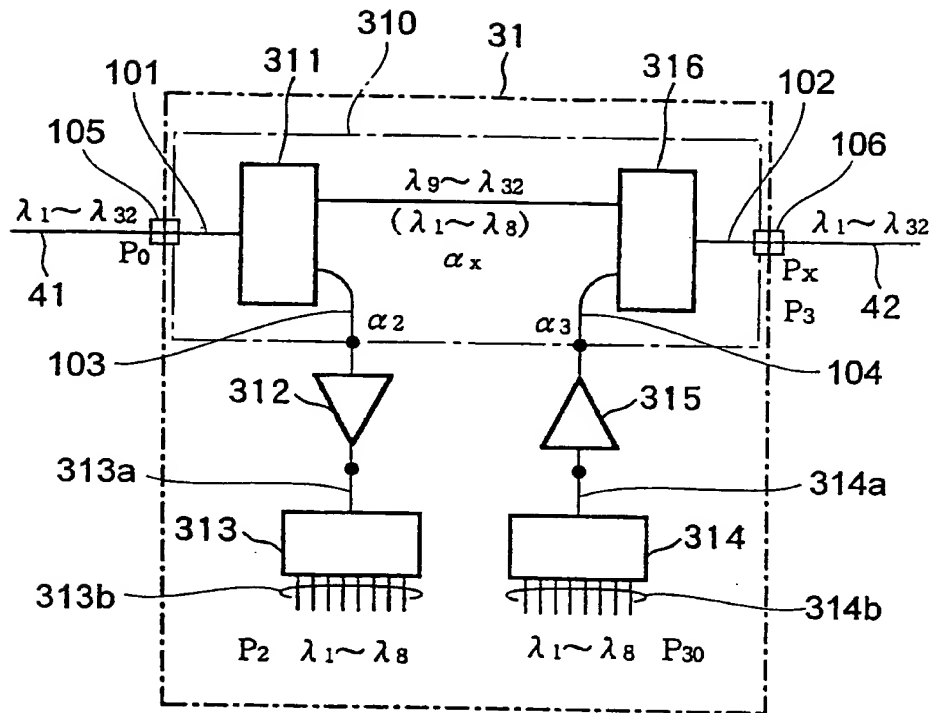


図3

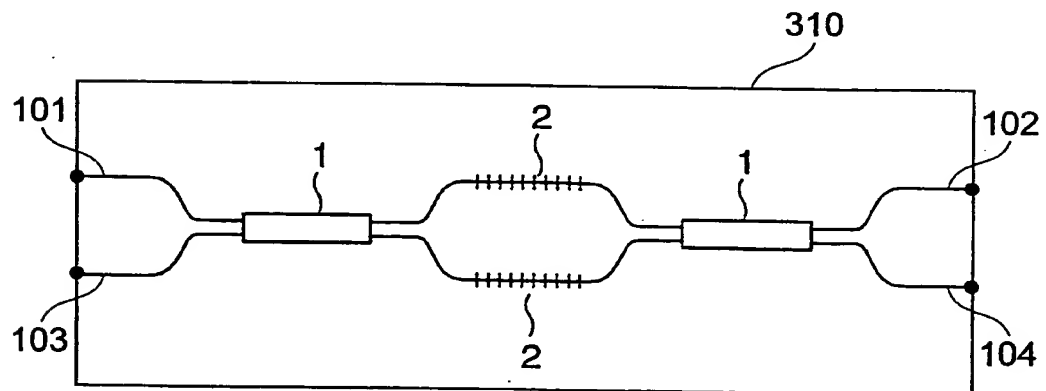


図4

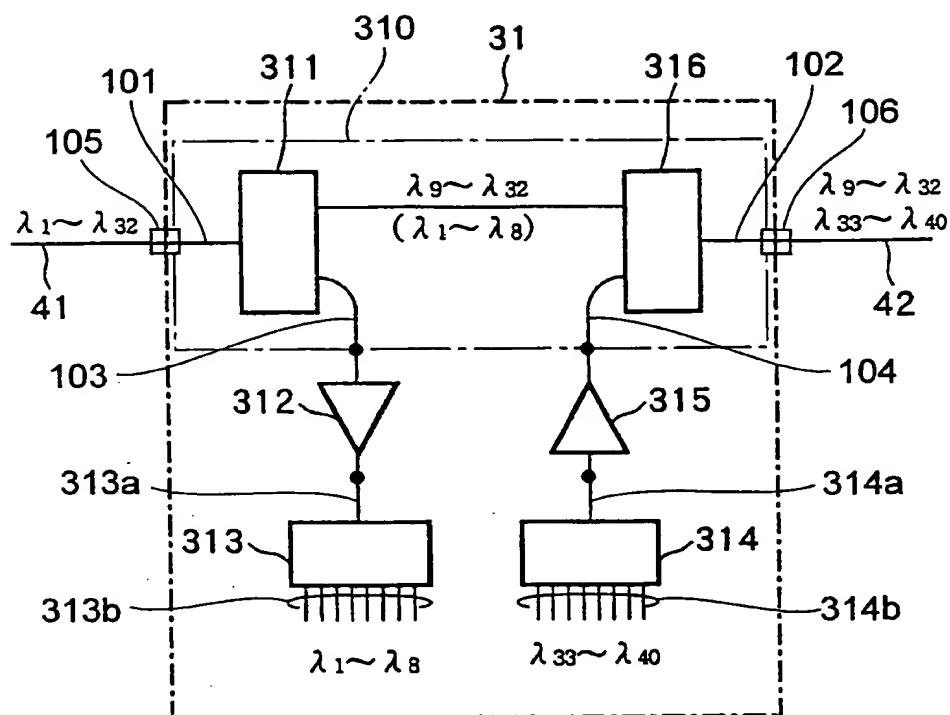


図5A

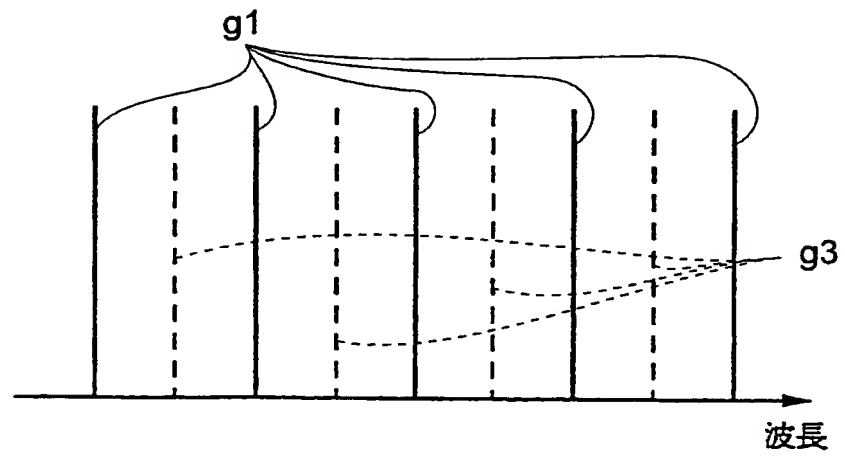


図5B

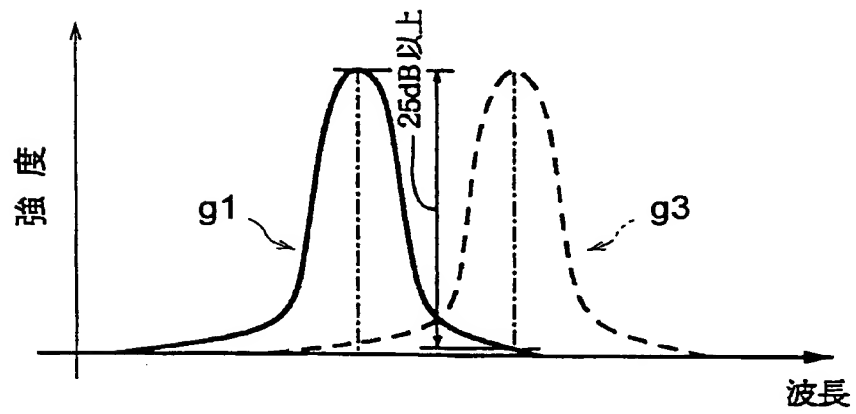


図5C

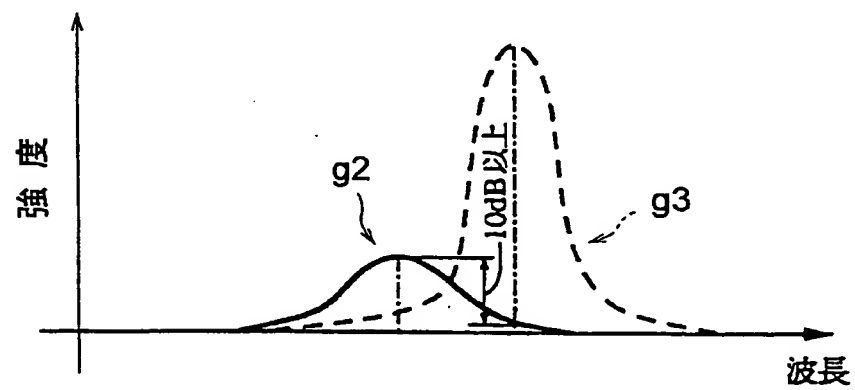


図6

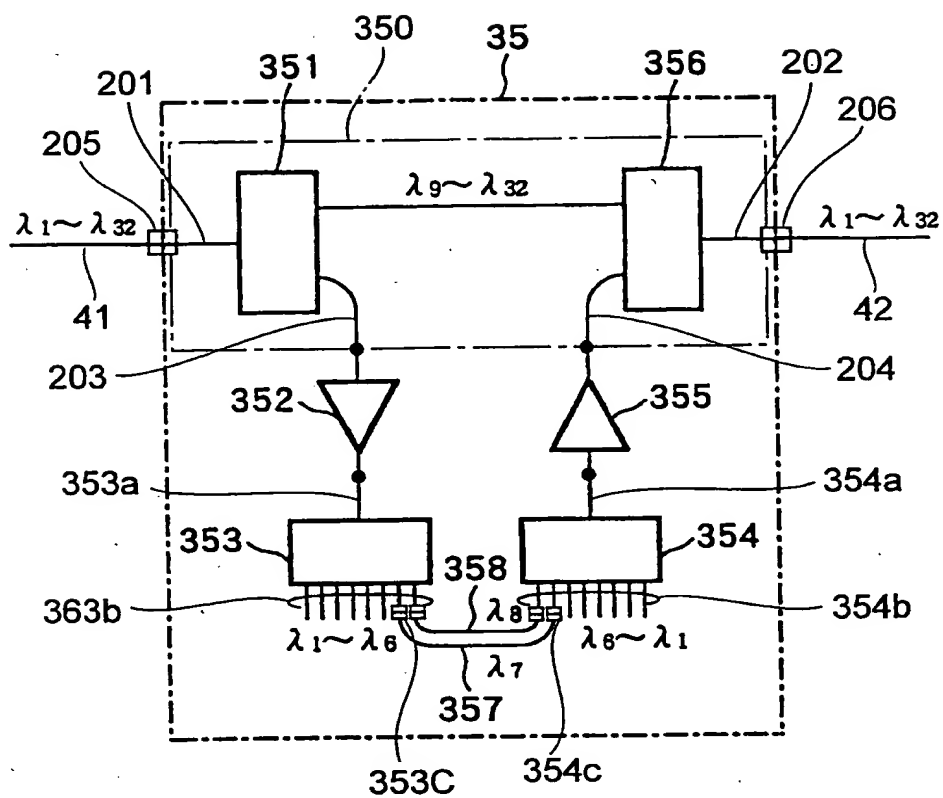
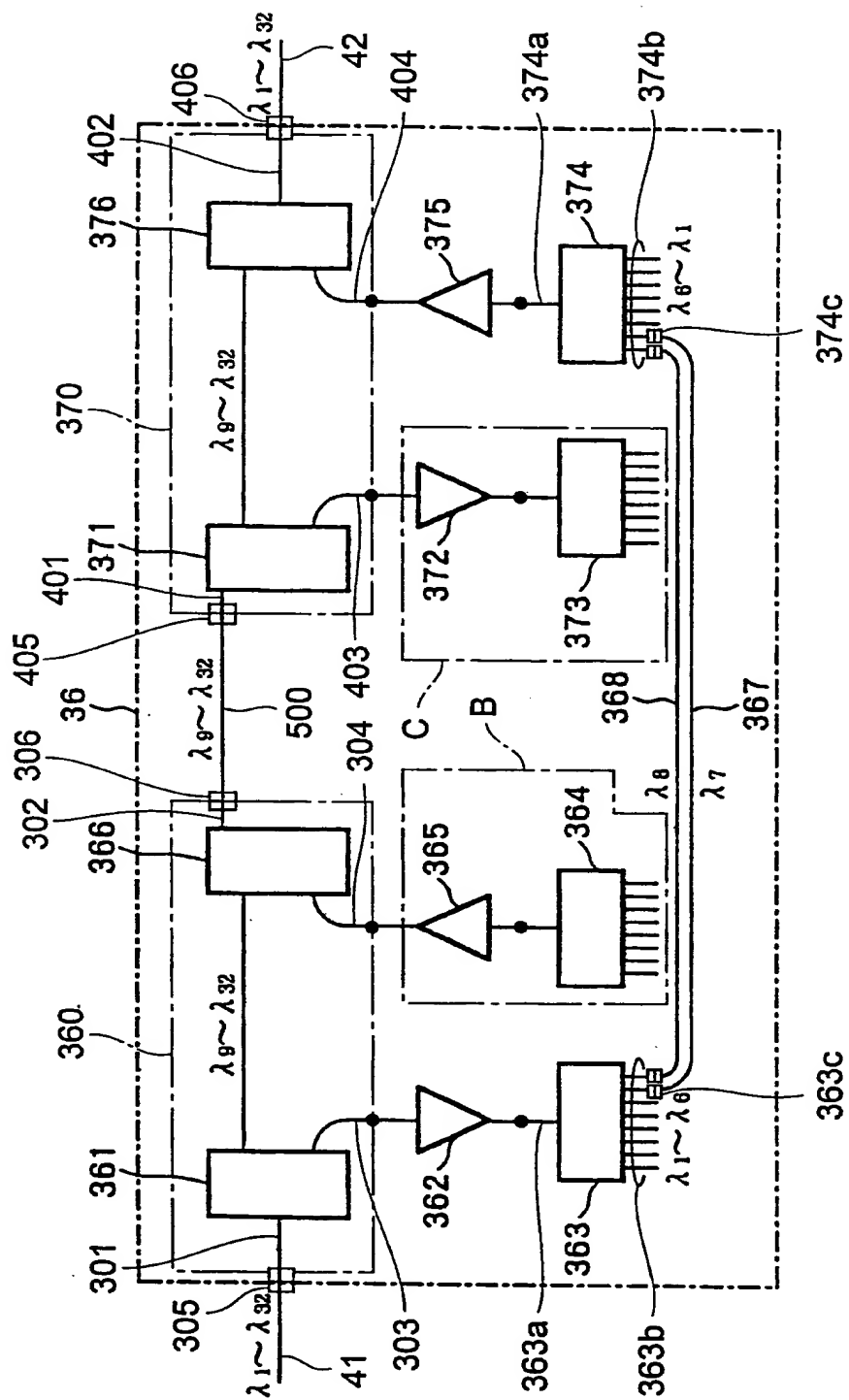


図7



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP99/01487

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl⁶ H04B10/17, H04J14/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁶ H04B10/00-10/28, H04J14/00-14/02

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-1999

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-1999 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-1999

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-----------|--|-----------------------|
| Y | JP, 10-13356, A (Toshiba Corp.), 16 January, 1998 (16. 01. 98), Full text ; Figs. 1 to 6 (Family: none) | 1-13 |
| Y | JP, 10-13382, A (Toshiba Corp.), 16 January, 1998 (16. 01. 98), Full text ; Figs. 1, 5 (Family: none) | 1-13 |
| Y | JP, 5-100254, A (Nippon Telegraph & Telephone Corp.), 23 April, 1993 (23. 04. 93), Full text ; Figs. 1 to 7 | 1, 3-13 |
| A | Full text ; Figs. 1 to 7 (Family: none) | 2 |
| Y | JP, 5-102928, A (Nippon Telegraph & Telephone Corp.), 23 April, 1993 (23. 04. 93), Full text ; Figs. 1, 2, 4, 7 to 9 | 1, 3-13 |
| A | Full text ; Figs. 1, 2, 4, 7 to 9 (Family: none) | 2 |



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T"

later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X"

document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y"

document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&"

document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
27 April, 1999 (27. 04. 99)

Date of mailing of the international search report
18 May, 1999 (18. 05. 99)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP99/01487

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-----------|---|-----------------------|
| Y | JP, 9-261175, A (Nippon Telegraph & Telephone Corp.), 3 October, 1997 (03. 10. 97), Full text ; Fig. 1 (Family: none) | 3, 4, 7-13 |
| Y | JP, 10-13357, A (NEC Corp.), 16 January, 1998 (16. 01. 98), Full text ; Figs. 1, 2 (Family: none) | 1-13 |

国際調査報告

国際出願番号 PCT/J P 99/01487

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁸ H04B10/17, H04J14/02

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁸ H04B10/00-10/28, H04J14/00-14/02

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

| | |
|-------------|------------|
| 日本国実用新案公報 | 1922-1996年 |
| 日本国公開実用新案公報 | 1971-1999年 |
| 日本国登録実用新案公報 | 1994-1999年 |
| 日本国実用新案登録公報 | 1996-1999年 |

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

| 引用文献の カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示 | 関連する 請求の範囲の番号 |
|-----------------|--|------------------|
| Y | J P, 10-13356, A (株式会社東芝) 16. 1月. 1998 (16. 01. 98) 全文, 図1-図6 (ファミリーなし) | 1-13 |
| Y | J P, 10-13382, A (株式会社東芝) 16. 1月. 1998 (16. 01. 98) 全文, 図1, 図5 (ファミリーなし) | 1-13 |
| Y A | J P, 5-100254, A (日本電信電話株式会社) 23. 4月. 1993 (23. 04. 93) 全文, 図1-図7 全文, 図1-図7 (ファミリーなし) | 1, 3-13 2 |

☒ C欄の続きにも文献が列举されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日後に公表されたもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

27. 04. 99

国際調査報告の発送日

18.05.99

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

深津 始



5 J

9855

電話番号 03-3581-1101 内線 6456

| C (続き). 関連すると認められる文献 | | 関連する 請求の範囲の番号 |
|----------------------|--|------------------|
| 引用文献の カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示 | |
| Y A | JP, 5-102928, A (日本電信電話株式会社) 23. 4月. 1993 (23. 04. 93) 全文, 図1-2, 4, 7-9 全文, 図1-2, 4, 7-9 (ファミリーなし) | 1, 3-13 2 |
| Y | JP, 9-261175, A (日本電信電話株式会社) 3. 10月. 1997 (03. 10. 97) 全文, 図1 (ファミリーなし) | 3, 4, 7- 13 |
| Y | JP, 10-13357, A (日本電気株式会社) 16. 1月. 1998 (16. 01. 98) 全文, 図1-2 (ファミリーなし) | 1-13 |